

60

Japanese Patent No. 2631607

[Claims only, as requested]

Translated from Japanese by the Ralph McElroy Translation Company
910 West Avenue, Austin, Texas 78701 USA

BEST AVAILABLE COPY

Code: 1919-70616

Cymer File: Komatsu Granted Patents

JAPANESE PATENT OFFICE
PATENT JOURNAL
JAPANESE PATENT NO. 2631607

Technical Disclosure Section

Int. Cl.⁶:

H01S 3/038
3/225
H01S 3/03
3/223

Application No.:

Hei 4[1992]-268809

Application Date:

October 7, 1992

Kokai No.:

Hei 6[1994]-120592

Kokai Date:

April 28, 1994

Registration Date:

April 25, 1997

Publication Date:

July 16, 1997

No. of Claims:

8 (total of 7 pages)

LASER DEVICE

Inventors:

Kei Hashiguchi
Komatsu Ltd.
Research Center
1200 Banda, Hiratsuka-shi
Kanagawa-ken

Takahisa Koiwa
Komatsu Ltd.
Research Center
1200 Banda, Hiratsuka-shi
Kanagawa-ken

Hideo Kobayashi
Komatsu Ltd.
Research Center
1200 Banda, Hiratsuka-shi
Kanagawa-ken

Grantee:

999999999
Komatsu Ltd.
2-3-6 Akasaka, Minato-ku
Tokyo

Agent:

Takahisa Kimura, patent attorney

Examiner:

Masaki Kawahara

References Cited:

Japanese Kokai Patent Application
No. Hei 4[1992]-101475 (JP, A);

Japanese Kokai Patent Application
No. Hei 4[1992]-101476 (JP, A);

Japanese Kokai Patent Application
No. Hei 4[1992]-101474 (JP, A)

[There are no amendments to this patent.]

Claims

1. A laser device in which electric discharge is performed between 2 electrodes provided facing one another from above and below in a laser chamber in the lengthwise direction, exciting a laser medium gas enclosed in the aforementioned chamber and generating a laser,

characterized in that the aforementioned 2 electrodes are formed such that at least one of the 2 aforementioned electrodes is an electrode having a projecting portion that protrudes toward the other electrode, the width of the aforementioned projecting portion is made to coincide approximately with the width of the discharge; in addition, when the width of the aforementioned projecting portion is x , the height of the aforementioned projecting portion is h , the distance between the tip of the aforementioned projecting portion and the aforementioned electrode facing it is d , and the width of the electrode that has the aforementioned projecting portion is W , the conditions

$$x < d$$

$$x < W$$

$$0.01 < h/(W-x) < 0.5$$

are fulfilled.

2. The laser device recorded in Claim 1 for which, among the cross sections of the aforementioned projecting portion in the direction of the width of the electrode, a part of the portion facing the other electrode is in the shape of a circular arc.

3. The laser device recorded in Claim 1 for which, among the cross sections of the aforementioned projecting portion in the direction of the width of the electrode, the portion facing the other electrode is semi-elliptical in shape.

4. The laser device recorded in Claim 1 for which, among the cross sections of the aforementioned projecting portion in the direction of the width of the electrode, the portion that faces the other electrode has an angular portion comprised of multiple straight lines.

5. The laser device recorded in Claim 4 for which, among the electrodes which have the aforementioned projecting portion, the projecting portion is comprised of an electroconductive material that is not greatly consumed by the electric discharge, and the portion other than the aforementioned projecting portion is comprised of an electroconductive material having good processability.

6. The laser device recorded in Claim 1 for which the aforementioned electrode(s) having a projecting portion is/are formed by arranging electroconductive elements in close contact on either side of an electroconductive element.

7. The laser device recorded in Claim 1, for which the aforementioned electrode having a projecting portion is made the electrode on the side at which the discharge voltage is applied, and electroconductive elements are arranged on either side of this electrode in the width direction of the electrode.

8. The laser device recorded in Claim 1, for which the aforementioned laser device is a narrow band region oscillation laser device provided with a resonator that has a wavelength selection element, and the oscillating wavelength of the aforementioned laser light is kept within a narrow band by means of said resonator.

* * *

(19)日本特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-126882

(43)公開日 平成4年10月7日

(51)Int.Cl.⁸

H 0 1 S 3/038

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7454-4M

7352-4M

7352-4M

H 0 1 S 3/ 03

H 0 1 L 21/ 30

B

3 1 1 S

3 1 1 L

審査請求 未請求 請求項の数8(全 8 頁)

(21)出願番号

特願平4-268809

(22)出願日

平成4年(1992)10月7日

(71)出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72)発明者 溝口 計

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(72)発明者 小若 雅彦

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(72)発明者 小林 諭樹夫

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

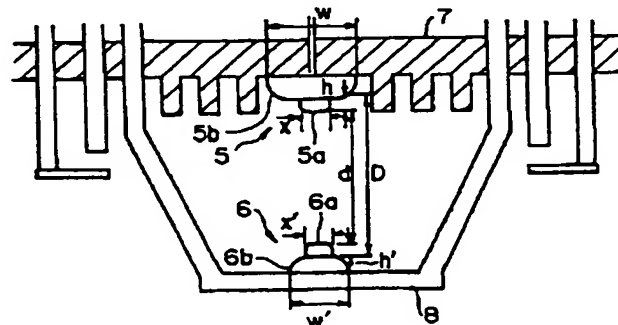
(74)代理人 弁理士 木村 高久

(54)【発明の名称】 レーザ装置

(57)【要約】

【目的】放電を安定して行いレーザの運転を安定して行う。

【構成】電極5に、対向する電極6に向けて突出された突起部5aを設け、突起部5aの幅を放電幅に略一致させ、さらに突起部5aの幅をx、突起部5aの高さをh、突起部先端と対向する電極6との距離をd、突起部5aを有した電極5の幅をWとしたとき、 $x < d$ 、 $x < W$ 、 $0.01 < h / (W - x) < 0.5$ なる条件を満足するように2つの電極5、6を形成する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザチャンバの長手方向に沿って上下に対向して配設された2つの電極間で放電を行い、前記レーザチャンバ内に封入されたレーザ媒質ガスを励起してレーザ光を発生させるレーザ装置において、前記2つの電極のうちの少なくとも一方を、他方の電極に向けて突出された突起部を有した電極とするとともに、前記突起部の幅を放電幅に略一致させ、さらに前記突起部の幅を x 、前記突起部の高さを h 、前記突起部先端と前記対向する電極との距離を d 、前記突起部を有した電極の幅を W としたとき、

$$x < d$$

$$x < W$$

$$0.01 < h / (W - x) < 0.5$$

なる条件を満足するように前記2つの電極を形成したことを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】 前記突起部の電極幅方向の断面のうち、他方の電極に対向する部分の形状の一部を円弧状にした請求項1記載のレーザ装置。

【請求項3】 前記突起部の電極幅方向の断面のうち、他方の電極に対向する部分の形状を楕円の一部分の形状にした請求項1記載のレーザ装置。

【請求項4】 前記突起部の電極幅方向の断面のうち、他方の電極に対向する部分は複数の直線からなる角部を有している請求項1記載のレーザ装置。

【請求項5】 前記突起部を有した電極のうち、前記突起部は放電による消耗が少ない、導電性を有した材料で構成され、前記突起部以外の部分は加工性のよい、導電性を有した材料で構成されている請求項4記載のレーザ装置。

【請求項6】 導電体の両側に導電体を密着させて配設することにより、前記突起部を有した電極を構成した請求項1記載のレーザ装置。

【請求項7】 前記突起部を有した電極を、放電電圧が印加される側の電極とし、この電極の電極幅方向両側に導電体を配設した請求項1記載のレーザ装置。

【請求項8】 前記レーザ装置は、波長選択素子を有した光共振器が設けられて該光共振器によって前記レーザ光の発振波長を狭帯域化する狭帯域発振レーザ装置である請求項1記載のレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、材料加工、投影露光用等の光源に用いる放電励起型のレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】放電励起型のエキシマレーザ装置は、マーキング、穴開け、アニーリングなどの材料加工のほか、大規模集積回路(LSI)の回路パターン制作の、光リソグラフィ用光源として用いられている。すなわち、エキシマレーザは強力な紫外光源であり、その特性

2

を生かして材料加工用としては主に樹脂等の有機材料へのマーキング、穴開けなどに用いられる。また、光リソグラフィには主に縮小投影法が使われており、照明光源により照らされた原画(レチクル)パターンの透過光を縮小投影光学系により半導体基板上の感光性物質に投影して回路パターンを形成する。

【0003】ところで、上記回路パターンの投影像の分解能は、用いられる光源の波長で制限されるため光源の波長は可視領域から紫外領域へと次第に短波長化している。従来、この紫外領域の光源として高圧水銀ランプから発生するg線(463nm)、i線(365nm)が使用されてきた。

【0004】しかしながら最小パターン線幅がメモリ容量64MBで要求される0.25μm以下のとなるとi線でもすでに波長としてはそろそろ限界にきている。この技術的限界を解決するためのものとして深紫外(Deep Ultra Violet)レーザ光源が有望視されている。とくにエキシマレーザは高出力、高効率であり、媒質ガスの組成によりKrF(248nm)、ArF(193nm)などの短波長で強い発振を得ることができる。

【0005】一方、上記Deep-UV領域では、縮小投影レンズ系を構成するガラス、結晶材料が非常に制約されるため水銀ランプを用いた縮小投影レンズ系で用いられてきた色収差補正が困難となる。そこで、レンズ系を色収差補正するのではなくレーザ共振器内にエタロン等の波長選択素子を配設し、出力光のスペクトル幅をレンズ材の色収差が無視できる程まで小さくすることでその困難さを除去している。この方法で自然発振の場合にスペクトル幅で数百pmあった線幅が数pmにまで細く狭帯域化することができる。

【0006】このように放電励起型のレーザ装置は産業用光源として、広範に応用されている。しかしながら産業への応用をしていく場合に、放電の幅が放電電極の消耗とともに変化しそれとともにレーザのビーム幅が変化するという問題点がある。

【0007】したがって加工用として使用する場合、この変化は横モードを悪くし、ビームの集光性を変化させたり、出力の変化を引き起こし実用上の問題となって顕われる。また、光リソグラフィ用の光源として使う場合にはこの出力光の幅の変化は狭帯域エキシマレーザの実用化において以下のような問題点をも引き起こす。

【0008】すなわち、狭帯域化に用いる波長選択素子は角度分散特性を持つことはよく知られている。たとえば、波長選択素子として回折格子(グレーティング)を使った場合はスペクトル幅を小さくするためレーザの発散角を制限する必要があり、レーザの発散角が大きいとスペクトル幅も広がってしまうという性質を持つ。したがって放電幅が変化し、利得領域が変化した場合、レーザ光のビームダイバージェンスが変化するためにスペク

トル幅も大きく変化し露光の性能を劣化させるというものである。

【0009】そこで、本出願人はこうした問題を解決するために、レーザ媒質ガスを励起し反転分布を形成するための一対の放電電極の少なくとも一方の電極の幅を、放電幅に略一致させる技術に関して特許出願しており（特願平2-219603号）、さらに、その一方の電極の両側近傍に、電界を緩和させるための導電性構造物を配設する技術に関して特許出願している（特願平2-21604号）。

【0010】これら技術によって、放電電極において、一種の負のフィードバック機構による自己形状維持が実現されるため、放電励起型のレーザ装置を長期間にわたり放電幅を変化させることなく安定に運転させることが可能となっている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】このように電極幅を放電幅と同じになるように狭くすることにより長期間にわたり放電幅（放電方向に対して垂直な方向）を変化させることなく安定して運転が行われるようになっている。しかし、放電方向において光ビームのプロファイルが変化してしまい、安定性が損なわれる虞がある。

【0012】本発明者らは実験を行い、この光ビームのプロファイルが変化するという現象が電極周辺における電界の分布形状に依存していることを確認している。

【0013】図12は高電圧の放電電圧が印加される電極20（カソード電極）と接地されている電極21（アノード電極）との間で放電を行ったときの、等電位線Eと電気力線Fの分布の様子を、電極の中心線（2点鎖線にて示す）より片側について示す図である。ここで、電極20、21の電極幅は放電幅に略一致している。同図に示すように電極20、21の先端部分が等電位線Eを押し上げるような形となっているのがわかる。また、実際のレーザ装置の放電回路では、高電圧側の電極20が接地電位を有した配線部材により取り囲まれるような形状になっているため、高圧電極20側が等電位線Eによって囲まれるような分布となっている。このため、等電位線Eに直交する電気力線Fの方向は、必ずしも電極20と電極21とを結んだ線分の方角と平行にはならず、高電圧側で外側へ膨らんでおり、接地側において萎んでいる滴型の分布を示している。

【0014】ここで、周知のように、放電現象に寄与する荷電粒子は、電気力線Fに沿って移動しながら、レーザ活性を持つ放電領域を形成する。したがって、この電気力線Fの電束密度分布（電気力線Fの混み具合）が大きい部分では、励起する放電電流密度も大きく、レーザガスの利得も大きくなるが、逆に電束密度が小さい部分では、励起する放電電流密度も小さく、レーザガスの利得も小さくなる。

【0015】これを図12に適用してみると、電気力線

Fの分布から明かなように、高電圧側でビーム強度が小さく、接地側でビーム強度は大きくなる。これを、放電方向の位置Zと光強度との関係として図13にグラフにて示す。同図に示すような放電方向における光強度の不均一性は、放電方向における光ビームのプロファイルの変化を引き起こす。なお、レーザの運転時間の経過とともに放電電極の形状の変化等が発生すると、電気力線Fの変化が引き起こされ、放電方向の電束密度分布も変化し、図13に示す光強度の分布も変化することになる。

10 【0016】本発明は、こうした実状に鑑みてなされたものであり、放電方向における光ビームのプロファイルを均一のものにしてレーザをより安定して運転させるようにすることをその目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】そこで、この発明の主たる発明では、レーザチャンバの長手方向に沿って上下に対向して配設された2つの電極間で放電を行い、前記レーザチャンバ内に封入されたレーザ媒質ガスを励起してレーザ光を発生させるレーザ装置において、前記2つの電極のうちの少なくとも一方を、他方の電極に向けて突出された突起部を有した電極にするとともに、前記突起部の幅を放電幅に略一致させ、さらに前記突起部の幅をx、前記突起部の高さをh、前記突起部先端と前記対向する電極との距離をd、前記突起部を有した電極の幅をWとしたとき、

$$x < d$$

$$x < W$$

$$0.01 < h / (W - x) < 0.5$$

なる条件を満足するように前記2つの電極を形成している。

【0018】

【作用】かかる構成の電極を使用すれば、放電方向における光強度の大きさが均一化されるとともに、レーザの運転時間経過に伴う光強度の変化も抑制される。このため、放電方向における光ビームのプロファイルが常に均一となり、レーザの運転をより安定して行うことができる。

【0019】

【実施例】以下、図面を参照して本発明に係るレーザ装置の実施例について説明する。

【0020】図1は放電励起型のレーザ装置として狭帯域発振エキシマレーザ装置の構成を概念的に示したものである。また、図2は図1のA-A断面を示している。

【0021】すなわち、これら図に示すようにレーザチャンバ1内にはKr、F2等のレーザ媒質ガスが封入され満たされており、このレーザ媒質ガスがレーザチャンバ1の長手方向に沿って上下に配設された電極5（カソード電極）、電極6（アノード電極）によって放電、励起されることによりレーザ発振が行われる。すなわち、レーザ光はレーザチャンバ1とフロントミラー2と波長

選択素子であるグレーティング3とで構成された光共振器で共振され、フロントミラー2から有効なレーザ光として出力される。この場合、グレーティング3は発振光を狭帯域化するとともにリアミラーとして機能するものであり、いわゆるリトロ配置をとっている。なお、4はアパーチャを示している。

【0022】図2において電極5、6間において破線で囲まれた領域は放電励起領域を概念的に示している。すなわち、図2において、電極5は高電圧側であり、電氣的絶縁性を有している絶縁部材7によって支持されている。他方の電極6は接地側であり、アノード電流戻り配線8に接続されている。そしてこの配線8が接地されることにより放電電流の流れるループが形成される。これら電極5、6はいわゆる主放電電極であり、これら一対の主放電電極の両側には主放電の均一化を図るための予備電離電極対が並べられている。

【0023】電極5は、電極本体5bと対向する電極6に向けて電極本体5bより突出された突起部5aとで構成されており、突起部5aの幅が x に、突起部5aの高さが h に、電極本体5bの幅が W にされている。一方、電極6は、電極本体6bと対向する電極5に向けて電極本体6bより突出された突起部6aとで構成されており、突起部6aの幅が x' に、突起部6aの高さが h' に、電極本体6bの幅が W' にされている。そして、突起部5a先端と突起部6a先端との間の距離は d に、電極本体5b先端と電極本体6b先端との間の距離は D にされている。

【0024】ここで、突起部5a、6aの幅 x 、 x' はそれぞれ、突起部同士間の距離 d よりも小さくなるようにされており、また、同幅 x 、 x' はそれぞれ、対応する電極本体の幅 W 、 W' よりも小さくなるようにされている。

【0025】突起部5aの断面のうち電極6に対向する部分の一部分は、所定半径の円の一部分である円弧形状に形成されている。同様に、突起部6aの断面のうち電極5に対向する部分の一部分も、所定半径の円の一部分である円弧形状に形成されている。なお、突起部5aの断面のうち電極6に対向する部分、または突起部6aの断面のうち電極5に対向する部分を所定短長径比の楕円の一部分を示す形状とするようにしてもよい。電極本体5b、6bについても同様に対向する部分の一部が円弧状に、または対向する部分が楕円の一部の形状にされている。そして、突起部5a、6aの幅 x 、 x' は、放電幅（破線で示す）に略一致しており、突起部5a、6aのうちそれぞれ他方の電極6、5に対向する面が放電面を形成している。そして、電極5の各部寸法に関しては、 $h/(W-x)=0.3 \dots (1)$

という関係が成立している。さらに、レーザチャンバ1内には、繰返し周波数が高いときに発生する、レーザ媒質ガスの温度上昇を抑えるために、ファンおよび熱交換

器からなる送風装置が配設されており、放電時において約 10 m/s の均一なガス流が電極5、6の長手方向（レーザチャンバ1の長手方向）に生成され、冷却が行われる。なお、一般にレーザ媒質ガスを構成するガスとして、希ガス、ハロゲンガス、バッファガスが使用されるが、この実施例では、Krを希ガスとして、F2をハロゲンガスとして、He、Neをバッファガスとして使用している。

【0026】かかる構成において、放電を行ったときの、等電位線Eと電気力線Fの分布の様子を、図3に電極5、6の中心線（2点鎖線で示す）より片側について示す。なお、これは前述した図12に対応する図である。また、放電方向の位置Zと光強度との関係を図4に示す。なお、これは図13のグラフに対応するグラフである。

【0027】図3に示すように放電領域における等電位線Eの分布は、放電方向において双方の電極5、6の中心に関してほぼ対称であり、かつ等電位線Eは放電方向とほぼ垂直になっているのがわかる。このため、図4に示すように、従来のもの（図13）と比較して放電方向における光強度が均一に、つまり、電極5、6間の中心位置に関して光強度分布が非対称から対称に改善されている。したがって、この実施例によれば、放電方向における光ビームのプロファイルが均一となる。しかも、レーザの運転時間経過に伴う放電方向における光強度の変化も従来のものよりも抑制されている。このため、放電方向における光ビームのプロファイルが常に均一なものとなりレーザの運転がより安定して行われる。ここで、この実施例を理論的に説明する。

【0028】一般に、放電方向における光強度分布の対称性 f はつぎの式で定義される。

$$f = 2 \cdot \frac{ABS(I(d/3) - I(-d/3))}{(I(d/3) + I(-d/3))} \dots (2)$$

ここで $I(Z)$ は、放電方向の位置 Z を変数とし、関数値が光強度 I である関数のことであり、位置 Z と光強度 I との関係はたとえば図5のように表される。上記(2)式は f の値が大きいほど対称性がある、つまり放電方向における光強度分布が平坦であることを示している。本発明者等は、等電位線Eによって囲まれる側の電極（カソード電極）に関する寸法 x 、 h 、 W を種々変えることにより、 $h/(W-x)$ と f との関係を図6に示すように実験的に求めた。ただし、この実験は、 $x < d$ かつ $x < W$

という条件の下で行った。同図6に示すように、 $0.01 < h/(W-x) < 0.5 \dots (3)$ という関係が成立すれば、実用上、レーザが安定して運転されるに十分なレベルの対称性（ $f < 0.2$ ）が得られることが明かになった。なお、上述の実施例では、上記(1)式に示すように、 $h/(W-x) = 0.3$ であ

り、図6より $f < 0.2$ であるので、実用上十分であることがわかる。

【0030】なお、実施例では、一対の電極の双方とも突起部を設けるようにしているが、片方の電極のみに突起部を設けるようにしてもよい。図7は、カソード電極9のみに突起を設け、これに対向するアノード電極10は突起部を設けない（電極10自体が突起部である）場合の等電位線Eの分布を示す図であり、台形状の断面を有した電極本体9b上に突起状の放電電極9aが設置されている。この実施例でも、前述した図3と同様な等電位線Eの分布となっており、レーザの運転を安定して行うことができる。

【0031】なお、高压側電極9のみに突起部9aを設置しているのは、接地側の電極10は、帰還電流用の配線が電極本体と等価な働きをしており（接地側でも放電方向に対して等電位線が垂直になるよう分布している）、接地側で電極本体を省略できるからである。

【0032】また、図8は、図7と同様に台形状の断面を有した電極本体11b上に突起状の放電電極11aが設置された電極11と突起が設けられていない電極12（電極12自体が突起部である）とで一対の電極を構成した場合の等電位線Eの分布を示している。この実施例では、さらに台形状断面の電極本体11bの左右両側のコーナ部に円柱状の導電体13が配設されている（なお、図面では導電体13は片側のもののみが示されている）。これにより高压側電極11の実効的な幅が広げられたのと同様の効果が得られ、ビームの放電方向における均一性、対称性が一層改善されることになる。

【0033】また、図9は、放電方向に平行な側面を有した電極本体14b上に突起状の放電電極14aが設置された電極14と、突起を設けられていない電極15（電極15自体が突起部である）とで一対の電極を構成した場合の等電位線Eの分布を示している。なお、電極本体14bのコーナは円弧状にされている。この実施例でも、前述した図3と同様な等電位線Eの分布となっており、レーザの運転を安定して行うことができる。

【0034】ところで、一般にエキシマレーザは、レーザ媒質ガス中に電子の付着係数の大きいF2、C12等のハロゲンガスが含まれているため放電が不安定になりやすいといわれている。このため電極の放電面の形状をなめらかな曲面あるいは角のない平面等で構成し、放電の不安定さを解消するようにしている。逆にいうと、角、突起などの形状を有した電極だと、電界強度が大となり放電が不安定になるからである。しかし、なめらかな曲面で放電面を形成することは、複数の直線の組み合わせで放電面を形成する場合に較べて製造コストがより大となることが明白である。

【0035】しかし、本発明によれば、突起部の断面形状を複数の直線で組み合わせてなるようにし、簡素化を図り、製造コストを低減させることができる。これは、

電極本体により電界の緩和効果が得られ、このため、突起部を簡素化したとしてもアーク放電等の不良放電に移行することなく、レーザを安定して運転できるからである。

【0036】図10は、電極16の突起部16aおよび電極17の突起部17aの断面形状を複数の直線を組み合わせて構成したものであり、複数の直線を組み合わせてなる形状のコーナ16c、17cを有している。このように断面形状を簡素化することにより、レーザの運転の安定性が損なわれることもなく、電極の製造コストを低減させることができる。

【0037】図10では、電極本体16b、17bについては、その断面形状が加工性のよくない形状となっているが、図11(a)に示すように電極本体16b、17bを加工の容易な材料で構成するとともに、突起部16a、17aは、放電による消耗の少ない高融点金属材料で構成するようにし、材質を電極本体と突起部とで異ならせるようにしてもよい。

【0038】また、図11(b)に示すように電極18aの両側に電界を緩和させるための導電体18b、18cを密着して配設せしめ、これにより電極本体上に突起部を突出させた電極と等価のものにすることができる。この場合、製作の手間、加工コストをより低減させることができる。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、放電方向における光ビームのプロファイルが常に均一のものになされ、レーザをより安定して運転させることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係るレーザ装置の構成を概念的に示す図である。

【図2】図2は図1のA-A断面を示す断面図である。

【図3】図3は図2に示す電極を使用して放電を行ったときの等電位線の分布の様子を示す図である。

【図4】図4は図2に示す電極により放電を行ったときの放電方向における位置と光強度との関係を示すグラフである。

【図5】図5は放電方向における位置と光強度との関係を示すグラフである。

【図6】図6は突起部を有した電極の各部寸法に関するパラメータと対称性の度合いとの関係を示すグラフである。

【図7】図7は他の実施例における等電位線の分布の様子を示す図である。

【図8】図8は他の実施例における等電位線の分布の様子を示す図である。

【図9】図9は他の実施例における等電位線の分布の様子を示す図である。

【図10】図10は断面形状が複数の直線の組み合わせ

で構成された突起部を有した電極を示す斜視図である。

【図11】図11は断面形状が複数の直線の組み合わせで構成された突起部を有した電極を示す断面図である。

【図12】図12は従来の電極を用いて放電を行ったときの等電位線の分布の様子を示す図である。

【図13】図13は従来の電極を用いて放電を行ったときの放電方向における位置と光強度との関係を示すグラフである。

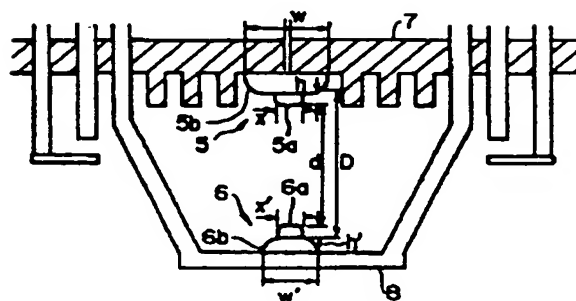
【符号の説明】

- 1 レーザチャンバ
- 5 電極（カソード電極）
- 5a 突起部
- 5b 電極本体
- 6 電極（アノード電極）
- 6a 突起部
- 6b 電極本体

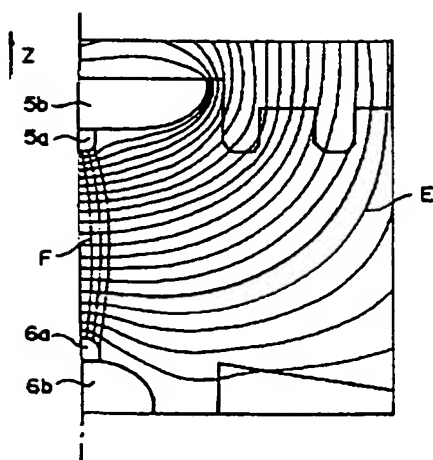
【図1】



【図2】



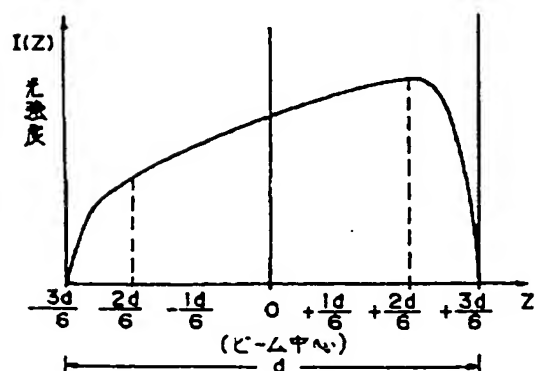
【図3】



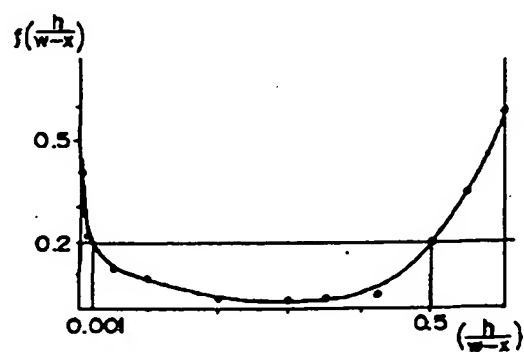
【図4】



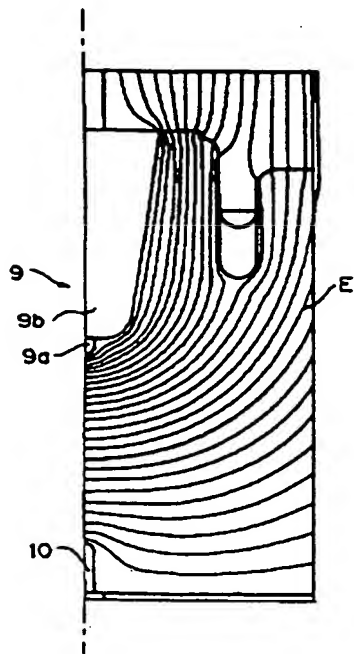
【図5】



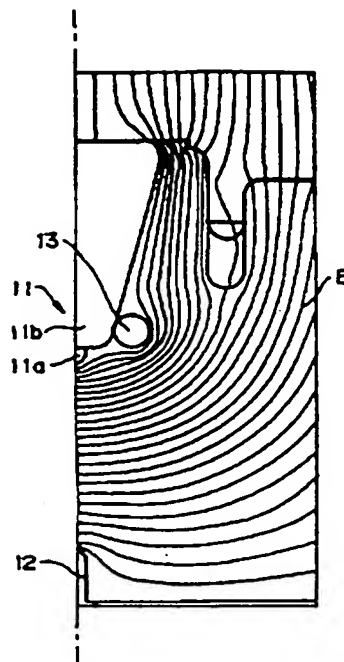
【図6】



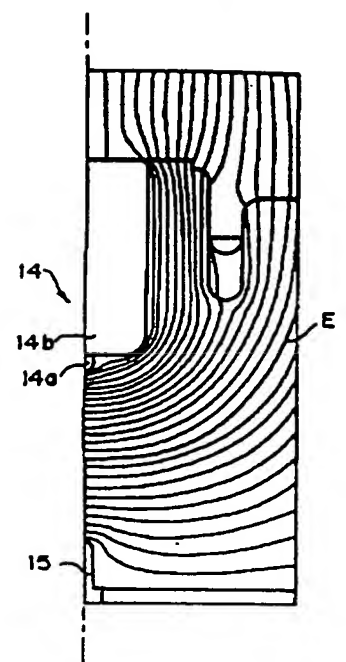
【図7】



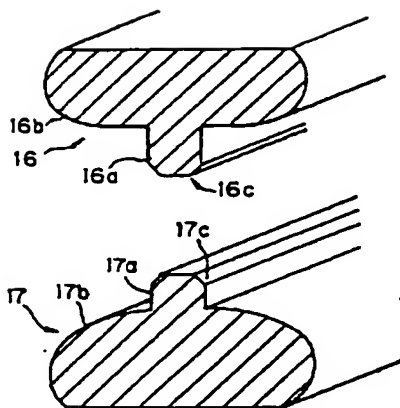
【図8】



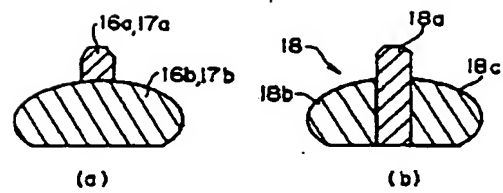
【図9】



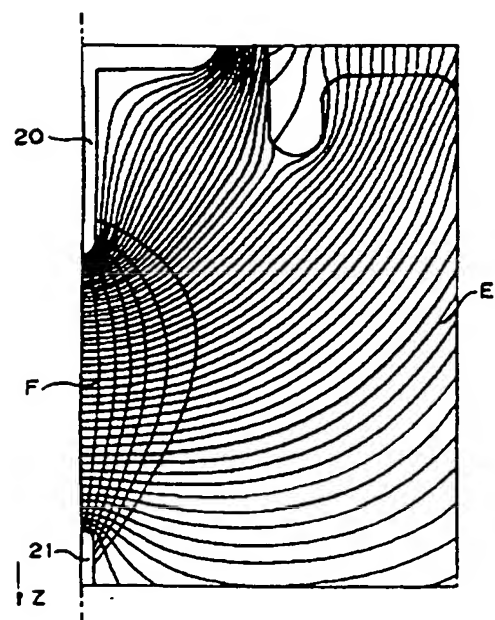
【図10】



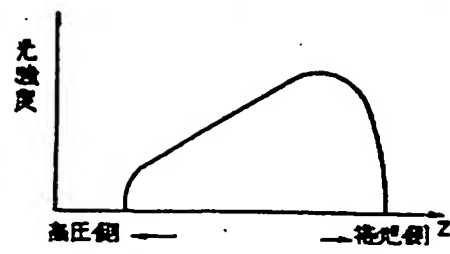
【図11】



【図12】



【图13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.